



Pemetaan dan Perencanaan Penggunaan Lahan untuk Potensi Energi Mikrohidro Berbasis Sistem Informasi Geografis sebagai Upaya Pemenuhan Kebutuhan Energi Masyarakat di Daerah Aliran Sungai Bonehau

Muhammad Agung Muhammad Chairul Ferdiansyah Prawira Rosa

Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin

E-mail: magung345@gmail.com

Abstract: Social Energy Requirement at West Sulawesi can't full fill. Around 45,49 present or 138.759 from 305.000 family head can't use electrical necessity. The Full fill of electrical energy almost range of settlement in the city, but in the corner area or village area there wasn't subside electrical energy. West Sulawesi have potential renewable energy such as microhydro with big amount counting, because having mountain landscape was implicated reconstruction watershed. Bonehau watershed was located West Sulawesi suitable to developing microhydro Power Station. Research aim to knowing potential electrical energy of microhydro and identify influence application Spatial Pattern of water debt in Bonehau watershed. This Research use model Soil and water Assestment Tools Aprroaach and counting hidraulik power. Research Parameter are type of soil, Land Cover, Slopes, and climates data, this Variabel will be processing until produce water debt data. Research found Bonehau watershed there are 28 sub watershed was potential to developing mikrohidro from 61 sub watershed. Planning Aplication Spatial Pattern to increasing watershed was potentially around 29 sub watershed. Minimum production debt using planning Spatial Pattern 0,36 m³/s while land cover minimum debt 0,35 m³/s.

Keywords: Bonehau, mikrohidro, Landscape, Energy

Abstrak: Kebutuhan Energi Masyarakat di Sulawesi Barat tidak dapat dipenuhi sepenuhnya. Sekitar 45,49% atau 138,759 dari 305.000 kepala keluarga tidak dapat menggunakan listrik. Pemenuhan energi listrik sebagian besar dipenuhi pada permukiman di kota, tetapi tidak di desa. Provinsi Sulawesi Barat memiliki potensi energi terbarukan seperti mikrohidro dengan jumlah yang besar, karena memiliki lanskap gunung sebagai hulu daerah aliran sungai. DAS Bonehau di Provinsi Sulawesi Barat cocok untuk mengembangkan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro. Penelitian bertujuan untuk mengetahui potensi energi listrik dari mikrohidro dan mengidentifikasi pengaruh aplikasi Pola Tata Ruang terhadap air di DAS Bonehau. Penelitian ini menggunakan model Soil dan Water Assestment Tools Aprroaach dan menghitung daya hidraulik. Parameter Penelitian adalah jenis tanah, Tutupan Lahan, Lereng, dan data iklim. Variabel ini diolah hingga menghasilkan data debit air. Penelitian menemukan terdapat 28 sub DAS yang berpotensi dikembangkan mikrohidro dari 61 sub DAS. Aplikasi Perencanaan Pola Spasial terhadap peningkatan DAS berpotensi sekitar 29 sub DAS. Produksi minimum menggunakan perencanaan Pola Spasial 0,36 m³/s sementara debit pada tutupan lahan debit minimum 0,35 m³/s.

Kata Kunci: Bonehau, Mikrohidro, Pola Ruang, Energi.

1. Pendahuluan

Kebutuhan energi masyarakat di Provinsi Sulawesi Barat (Sulbar) masih belum tercukupi. Sebanyak 45,49 persen atau 138.759 dari 305 ribu Kepala Keluarga (KK) yang belum menikmati listrik padahal kebutuhan energi semakin meningkat (Ashadi, 2013). Meningkatnya kebutuhan energi tersebut ternyata tidak sejalan dengan produksi listrik yang dihasilkan oleh Pembangkit Listrik Negara (PLN). LIPI (2016) menyatakan bahwa penyediaan energi listrik yang dilakukan oleh PT. PLN (Persero), selaku lembaga resmi yang ditunjuk oleh pemerintah untuk mengelola masalah kelistrikan di Indonesia, sampai saat ini masih belum dapat memenuhi kebutuhan masyarakat akan energi listrik secara keseluruhan.

Sucipto (2009) dalam Rompas (2011) menyatakan bahwa pemenuhan energi listrik sebagian besar hanya menjangkau permukiman di perkotaan, sementara wilayah pelosok atau pedesaan masih banyak yang belum teraliri listrik. Menurut Badan Pusat Statistik (BPS) sekitar 15,4 % atau lebih dari 12 ribu desa dan kelurahan belum teraliri listrik hingga akhir 2014 (Afif, 2015).

Provinsi Sulawesi Barat sesungguhnya memiliki potensi sumber energi terbarukan dalam jumlah besar karena memiliki bentang alam pegunungan, yang berimplikasi kepada terbentuknya Daerah Aliran Sungai (DAS) dimana terbentuk sungai-sungai besar dan kecil yang sangat berpotensi untuk dimanfaatkan pembangkit listrik tenaga air seperti mikrohidro (Kompas, 2016). Salah satu Daerah Aliran Sungai (DAS) di Sulawesi Barat yang sangat cocok dikembangkan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) adalah DAS Bonehau karena merupakan daerah pegunungan yang dimana sumber air sangat banyak ditemukan.

PLTMH adalah pembangkit listrik berskala kecil (kurang dari 200 kW), yang memanfaatkan tenaga (aliran) air sebagai sumber penghasil energi. Dengan demikian, sistem pembangkit mikrohidro cocok untuk menjangkau ketersediaan jaringan energi listrik di daerah-daerah terpencil dan pedesaan (Sugiri dkk, 2013).

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro merupakan sumber energi yang direkomendasikan beberapa ahli sebagai solusi kemandirian pedesaan dalam mendapatkan listrik. Pada dasarnya PLTMH memanfaatkan dua hal yaitu debit air dan ketinggian jatuh air. Semakin besar debit air dan tinggi jatuhnya air maka semakin besar energi potensial air yang dapat diubah menjadi energi listrik (Afif, 2015).

Penggunaan PLTMH sangat dipengaruhi oleh debit air yang tersedia pada sungai sedangkan debit air sungai sangat dipengaruhi oleh penggunaan lahan yang terdapat dalam suatu DAS. Penggunaan lahan yang tidak optimal akan merusak siklus hidrologi DAS, dimana pada musim hujan debit air sungai melimpah dan pada musim kemarau mengalami kekeringan. Perencanaan penggunaan lahan diperlukan karena merupakan salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk memulihkan siklus hidrologi agar air tersedia sepanjang waktu.

Berdasarkan uraian tersebut, maka perlu dilakukan penelitian “Perencanaan Penggunaan Lahan untuk Mendukung Optimalisasi Potensi Energi Mikrohidro di Daerah Aliran Sungai Bonehau” untuk melihat potensi energi mikrohidro di DAS Bonehau dengan metode Sistem Informasi Geografis (SIG) dengan model Soil and Water Assesment Tool (SWAT) pada daerah tersebut. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan informasi daerah yang memiliki potensi tenaga listrik mikrohidro dan perencanaan penggunaan lahan sesuai pola ruang untuk stabilisasi debit air sungai di Daerah Aliran Sungai Bonehau, Sulawesi Barat.

2. Metode Penelitian

2.1 Alat dan Bahan

2.1.1 Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah: Receiver GPS, Kamera, Alat tulis menulis, dan Komputer yang dilengkapi dengan software Sistem Informasi Geografis (SIG).

2.1.2 Bahan

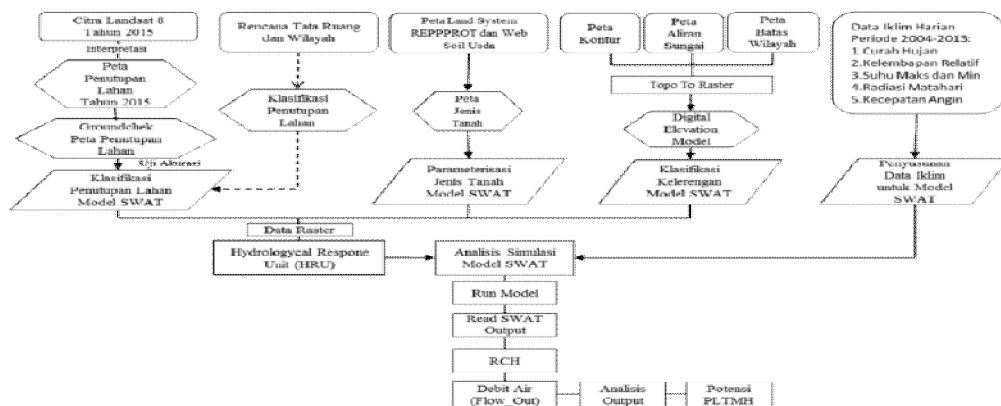
Bahan-bahan yang digunakan antara lain berupa peta-peta sebagaimana tertera pada Tabel 1.

Tabel 1. Daftar Peta

| No. | Judul | Sumber |
|-----|---|---|
| 1. | Peta Batas DAS Bonehau | Data Aster DEM Resolusi 30M |
| 2. | Peta Penutupan lahan | Citra Landsat 8 tahun 2016 |
| 3. | Peta Kelerengan | Data Aster DEM Resolusi 30M |
| 4. | Peta Jenis Tanah | <i>Data system lahan (landsystem) Regional Physical for Transmigration (RePPPProt) Badan Koordinasi Survey dan Pemetaan Nasional Tahun 1987</i> |
| 5. | Peta Pola Ruang | <i>RTRW Kabupaten Mamasa dan Kabupaten Mamuju</i> |
| 6. | Peta jaringan sungai (River network map) skala 1:50.000 | <i>Badan Informasi Geospasial</i> |
| 7. | Data Iklim | <i>Global Weathe</i> |

2.2 Prosedur Penelitian

Mekanisme penelitian yang dilaksanakan di DAS Bonehau dilakukan dengan melakukan simulasi model SWAT yang mampu menggambarkan fenomena dan karakteristik hidrologi DAS dengan memperhatikan aspek iklim, tanah, lereng, karakteristik sungai dan tutupan lahan. Tahapan dalam simulasi model SWAT tersebut meliputi tiga tahapan kerja yaitu (1) input parameter, (2) proses running model dan (3) pendefinisian output simulasi model terkait analisis ketersediaan air dalam hal ini adalah debit air sungai.



Gambar 1. Tahapan Pelaksanaan Penelitian

2.3 Deliniasi Batas Lokasi Penelitian

Penentuan batas penelitian dilakukan dengan delineasi batas DAS dengan bantuan program ArcSWAT menggunakan data DEM yang dihasilkan dari data kontur dan sungai yang diambil dari Badan Indonesia Geospasial. Delinasi dilakukan untuk menentukan batas lokasi penelitian DAS Bonehau.

2.4 Input Data SWAT

Dalam simulasi model SWAT ada beberapa data yang akan dianalisis, yang dikelompokkan kedalam tipe data spasial dan data teks.

2.4.1 Data Spasial

Input data yang diperlukan dalam analisis berupa data spasial peta-peta tematik seperti peta penggunaan lahan, peta jenis tanah, dan data Digital Elevation Model (DEM).

Digital Elevation Model Modifikasi

Analisis data DEM dalam model SWAT meliputi tahapan ekstraksi batas DAS dan sub-sub DAS serta pembuatan kelas kemiringan lereng. Adapun data DEM yang digunakan merupakan hasil interpolasi data kontur, batas DAS dan jaringan sungai menggunakan metode Topo to Raster. Pembuatan data DEM dilakukan untuk memastikan struktur jaringan sungai terkoneksi dan ruas sungai serta anak-anak sungai tergambar dengan baik sesuai kondisi sebenarnya dalam pembuatan batas DAS dan sub-sub DAS.

Analisis Penggunaan Lahan

Data Penutupan lahan DAS Bonehau diperoleh dengan menginterpretasi citra landsat 8 tahun 2016 berdasarkan data penutupan lahan dari Ditjen Tata Lingkungan dan Planologi. Metode yang digunakan yaitu metode delineasi visual untuk menetapkan kelas penutupan lahan berdasarkan pola dan karakteristiknya yaitu rona, warna dan tekstur pada citra tersebut.

Hasil interpretasi citra dan cek lapangan menghasilkan peta penggunaan lahan yang kemudian disesuaikan dengan database penamaan penggunaan lahan model SWAT. Sedangkan untuk peta penggunaan lahan dari RTRW di sesuaikan dengan pendekatan penggunaan lahan sekarang untuk setiap penggunaan lahannya, kemudian di sesuaikan lagi dengan database penamaan penggunaan lahan model SWAT.

Jenis Tanah

Kebutuhan input data tanah dalam model SWAT adalah data tanah berupa jenis tanah serta parameter fisik dan kimia tanah yang meliputi jumlah lapisan tanah, kelompok hidrologi tanah, kedalaman perakaran maksimum tanaman, kelas tekstur tanah, ketebalan solum tanah, bobot isi tanah, kadar air tersedia, kandungan bahan organik tanah, kandungan pasir, liat dan debu, kandungan batuan, nilai albedo tanah, nilai erodibilitas tanah, kalsium karbonat dan pH. Sehingga untuk memenuhi kebutuhan input parameter SWAT dilakukan analisis untuk mendapatkan input parameter data tanah. Analisis pendekatan yang digunakan adalah dengan mengekstraksi informasi tanah dari peta RePPProT yang dikombinasikan dengan informasi dari Web Soil USDA Natural Resource Conservation Service. Hasil analisis data tanah untuk DAS Bonehau nanti dapat terkorelasi dengan data user soil yang sudah ditambahkan dalam model SWAT.

2.4.2 Data Teks

Data teks (data iklim) yang merupakan masukan dalam SWAT adalah curah hujan (mm), temperatur udara maksimum dan minimum harian (0C), radiasi sinar matahari harian

(MJ/m²/hari), kelembaban udara harian (fraksi), dan kecepatan angin (m/s). Data tersebut diperoleh dari Global Weather menggunakan empat stasiun cuaca yang memotong DAS Bonehau dengan nomor stasiun p-231194, p-271191, p-271194, dan p-301194. Data-data tersebut dikumpulkan kedalam file PCP, TMP, SOLAR, RH, dan WIND dengan ekstensi txt.

2.5 Analisis dan Pendefinisian Output SWAT

Analisis SWAT menggunakan data yang telah dikumpulkan sebelumnya. Data yang dimasukkan meliputi data Digital Elevation Model dengan format raster, data tutupan lahan dengan format raster yang telah didefinisikan klasifikasi tutupan lahannya sesuai klasifikasi Model SWAT, data jenis tanah dengan format raster yang telah dilengkapi dengan parameter fisik dan kimia tanah yang dibutuhkan model SWAT serta data iklim dengan format text yang telah disesuaikan dengan kebutuhan model SWAT. Hasil dari klasifikasi dilakukan analisis HRU, penggabungan data iklim, simulasi model dan pendefinisian output. Analisis HRU merupakan tahap penggabungan dari data penutupan lahan, jenis tanah, dan kelerengan menggunakan koordinat system Universal Transver Mercator (UTM). Analisis HRU menghasilkan unit respon hidrologi, sehingga dapat diketahui pengaruh dari respon unit hidrologi terhadap debit air.

Analisis HRU menghasilkan unit respon hidrologi yang kemudian digabungkan dengan data iklim meliputi data iklim global, data curah hujan harian rata-rata serta data suhu maksimum dan minimum harian rata-rata, kemudian simulasi SWAT dapat dijalankan. Simulasi SWAT pada penelitian ini menggunakan periode 10 tahun mulai dari tahun 2004-2013 dengan simulasi harian dan bulanan. Model SWAT yang telah dijalankan akan menghasilkan output model diantaranya HRU (Hydrologycal Respons Unit) dan RCH (Reach). Tetapi data yang dibutuhkan hanya data debit air yang terdapat pada RCH. Dari output RCH dikeluarkan hasil debit air dengan kode FLOW_OUTcms

2.6 Penentuan Daerah Potensial

Tahapan dalam menentukan daerah potensial untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) adalah sebagai berikut:

- Perhitungan tinggi jatuh air (head) berdasarkan outlet yang dihasilkan saat deliniasi Daerah Aliran Sungai. Dengan tinggi minimum untuk mikrohidro pada penelitian ini setinggi 3 meter. Sehingga didapatkan daerah yang potensial.
- Simulasi model SWAT dengan menggunakan Software ArcSWAT. Sehingga menghasilkan data debit air model pada masing-masing Sub DAS.
- Melihat data debit air harian pada masing-masing Sub DAS berdasarkan input penutupan lahan tahun 2016 dan rencana pola ruang yang memenuhi syarat debit minimum untuk PLTMH sebesar 0,3 m³/s. Hasil analisis tersebut terdapat Sub-Sub DAS yang memenuhi syarat minimum.
- Menghitung potensi daya PLTMH pada masing-masing Sub DAS. Jadi hasil perhitungan tersebut didapatkan daya masing-masing Sub DAS yang potensi.

Namun daya minimum untuk setiap Sub DAS dalam penelitian ini ditetapkan sebesar 10 kW.

- Menghitung jumlah rumah yang dapat tersuplai listrik. Dengan daya minimum sebesar 10 kW dapat mensuplai rumah sebanyak 100 KK dengan asumsi penggunaan minimum listrik tiap rumah sebesar 100 watt.
- Merekomendasikan Sub DAS yang memiliki daya terbangkit setiap hari lebih dari 10 kW atau 10000 watt dan berdasarkan morfologi DAS.

2.7 Perhitungan Potensi Mikrohidro

Perhitungan potensi dapat dilakukan dengan persamaan daya hidrolik air, yaitu (Arya, 2012):

$$P_{\text{air}} = p \cdot g \cdot Q \cdot h \cdot e$$

Keterangan:

P_{air} : Daya hidrolik yang dihasilkan (Watt)

p : Massa jenis air (1000 kg/m³)

g : Konstanta percepatan gravitasi (9,81 m/dtk²)

Q : Debit (m³/dtk)

h : Tinggi jatuh air/Head (m)

e : Efisiensi turbin (%)

Nilai efisiensi turbin dalam PERMEN ESDM No. 2 Tahun 2012 menyebutkan segala jenis turbin paling tidak nilai efisiensinya sebesar 70%.

2.8 Perhitungan Jumlah Rumah

Perhitungan jumlah rumah yang dapat tersuplai arus listrik digunakan rumus sebagai berikut (Wibowo dkk, 2011):

$$\text{Jumlah Rumah} = \frac{\text{Daya Hasil Pembangkitan}}{\text{Kebutuhan Minimum Listrik}}$$

Dalam penelitian ini kebutuhan minimum listrik yang digunakan sebesar 100 watt per rumah.

2.9 Pengklasifikasian Rencana Pola Ruang

Peta rencana pola ruang dari RTRW yang telah ada kemudian disimulasikan kedalam model SWAT. Peta rencana pola ruang harus disesuaikan dengan pendekatan penggunaan lahan/penutupan lahan yang ada untuk setiap penggunaan lahan/penutupan lahannya, kemudian ditransformasi lagi dengan database penamaan untuk pemodelan SWAT.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Analisis Penutupan Lahan Hutan

3.1.1 Penutupan Lahan Tahun 2016

Hasil interpretasi citra penutupan lahan pada DAS Bonehau didapatkan sebanyak 8 kelas. Penutupan lahan tersebut yaitu hutan primer, hutan sekunder, pertanian lahan kering, padang rumput, semak belukar, permukiman, sawah dan tubuh air seperti terlihat pada Tabel 2. Hasil akurasi citra diperoleh nilai 88,88%, yang menunjukkan bahwa hasil klasifikasi dapat diterima.

Tabel 2. Tabel Penutupan Lahan DAS Bonehau, Tahun 2016

| No. | Keterangan | Luas (ha) | Persentase (%) |
|-------|------------------------|------------|----------------|
| 1 | Hutan Primer | 42.944,03 | 36,72 |
| 2 | Hutan Sekunder | 49.400,26 | 42,24 |
| 3 | Pertanian Lahan Kering | 17.802,46 | 15,22 |
| 4 | Padang Rumput | 84,36 | 0,07 |
| 5 | Semak Belukar | 5.709,35 | 4,95 |
| 6 | Permukiman | 182,98 | 0,16 |
| 7 | Sawah | 227,16 | 0,19 |
| 8 | Tubuh Air | 523,67 | 0,45 |
| Total | | 116.955,27 | 100,00 |

3.1.2 Penafsiran Pola Ruang

Rencana tata ruang wilayah merupakan bagian dari pengembangan suatu wilayah yang diharapkan mampu memberikan perencanaan terbaik untuk meningkatkan produktifitas suatu wilayah. Dalam penelitian ini rencana pola ruang mencakup 2 kabupaten yaitu Kabupaten Mamuju dan Kabupaten Mamasa. Rencana pola ruang yang telah ada diterjemahkan ke pendekatan penutupan lahan. Hasil dari terjemahan penutupan lahan rencana pola ruang kemudian diklasifikasikan sesuai dengan model SWAT sehingga dapat digunakan untuk simulasi. Hasil klasifikasi pola ruang dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Klasifikasi Pola Ruang Model SWAT

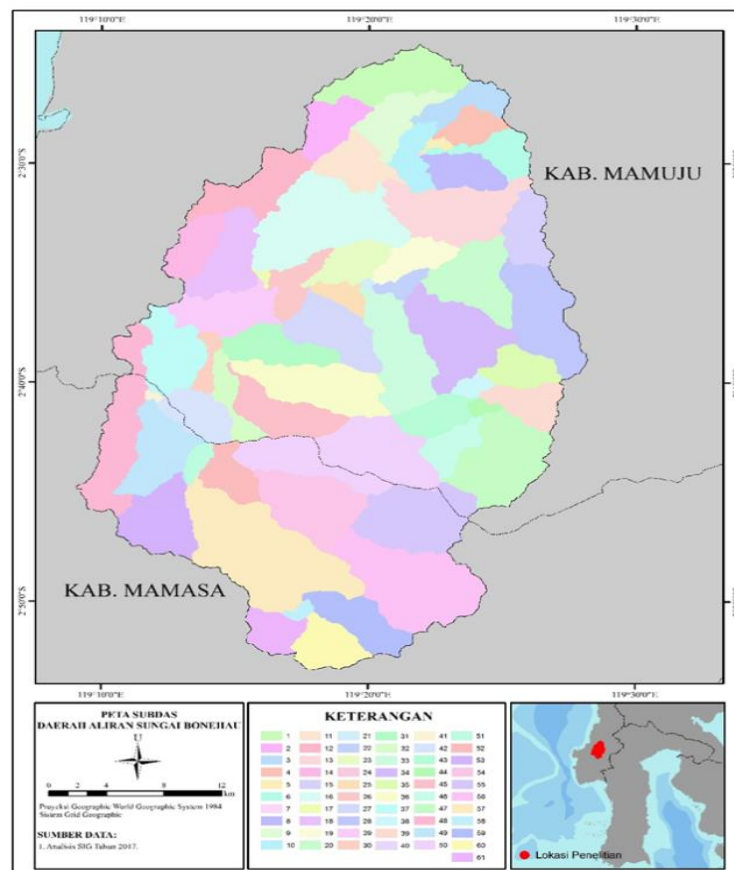
| No. | Pola Ruang | Klasifikasi Penggunaan/Penutupan Lahan | Klasifikasi SWAT | Kode SWAT | Luas (ha) | Persentase (%) |
|-------|-------------------------|---|------------------------------|--------------|--------------|-------------------|
| 1 | Hutan Lindung | Hutan Lahan Kering Kerapatan Tinggi | Forest-Mixed | FRST | 29.555,58 | 25,27 |
| 2 | Kawasan Pertanian | Pertanian Lahan Kering | Agriculture Land- Generic | AGRL | 2.287,39 | 1,96 |
| 3 | Kawasan Perkebunan | Perkebunan | Orchard | ORCD | 17.436,97 | 14,91 |
| 4 | Kawasan Suaka Alam | Hutan Lahan Kering Kerapatan Tinggi | Forest-Mixed | FRST | 52.661,37 | 45,03 |
| 5 | Kawasan Permukiman | Pemukiman | Residential | URBN | 62,49 | 0,05 |
| 6 | Hutan Produksi Terbatas | Hutan Tanaman | Forest-Evergreen | FRSE | 5.242,36 | 4,48 |
| 7 | Hutan Produksi | Hutan Tanaman | Forest-Evergreen | FRSE | 9.201,73 | 7,87 |
| 8 | Perairan | Tubuh Air | Water | WATR | 507,38 | 0,43 |
| Total | | | | | 116.955,27 | 100 |

3.2 Penentuan Wilayah Potensi

Penentuan wilayah potensi mikrohidro menggunakan model SWAT dengan metode delinasi DAS. Delinasi DAS Bonehau dilakukan secara otomatis dengan menggunakan watershed delinator. Proses delinasi menghasilkan perhitungan topografi secara lengkap, peta jaringan sungai, peta batas DAS, peta Sub DAS, dan outlet sungai. Pembagian Sub DAS merupakan prosedur dalam model SWAT yang membagi wilayah berdasarkan outlet sungai. Proses delinasi yang dilakukan pada DAS Bonehau menghasilkan 61 Sub DAS yang dapat dilihat pada Gambar 2.

Luas total DAS Bonehau yang terbentuk oleh delinasi model SWAT adalah 116.955,27 ha dengan luasan Sub DAS terkecil 6,57 ha dan luasan yang paling besar adalah 6.632,73 ha.

Setelah penentuan wilayah potensi mikrohidro selesai, Sub DAS yang terbentuk yaitu berjumlah 61. Tidak semua Sub DAS memiliki potensi untuk pengembangan tenaga listrik mikrohidro pada DAS Bonehau. Hal itu dikarenakan adanya pertimbangan dalam menentukan suatu Sub DAS berpotensi atau tidak yaitu dengan melihat besaran debit air dan ketinggian jatuh air minimum.



Gambar 2. Peta Sub DAS Pada DAS Bonehau

3.3 Tinggi Jatuh Air (Head)

Head merupakan jarak vertikal air yang jatuh ke permukaan yang dihitung dalam satuan meter. Head yang berpotensi untuk mikrohidro minimal 3 meter (Penche dan Minas, 1998). Oleh karena itu, ketinggian yang kurang dari 3 meter, dianggap nol dan tidak memiliki potensi daya. Data tinggi head pada masing-masing Sub DAS pada DAS Bonehau dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Tinggi Jatuh Air (Head)

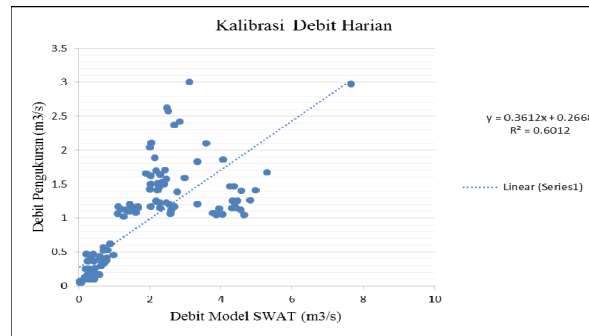
| Sub DAS | Tinggi Head (m) | Sub DAS | Tinggi Head (m) | Sub DAS | Tinggi Head (m) |
|---------|-----------------|---------|-----------------|---------|-----------------|
| 1 | 2 | 22 | 1 | 43 | 1 |
| 2 | 7 | 23 | 1 | 44 | 2 |
| 3 | 2 | 24 | 2 | 45 | 5 |
| 4 | 2 | 25 | 3 | 46 | 1 |
| 5 | 1 | 26 | 1 | 47 | 1 |
| 6 | 6 | 27 | 1 | 48 | 8 |
| 7 | 1 | 28 | 7 | 49 | 1 |
| 8 | 4 | 29 | 5 | 50 | 1 |
| 9 | 1 | 30 | 1 | 51 | 1 |
| 10 | 1 | 31 | 7 | 52 | 8 |
| 11 | 4 | 32 | 1 | 53 | 1 |
| 12 | 8 | 33 | 8 | 54 | 8 |
| 13 | 1 | 34 | 3 | 55 | 8 |
| 14 | 3 | 35 | 1 | 58 | 4 |
| 15 | 1 | 36 | 8 | 56 | 1 |
| 16 | 3 | 37 | 5 | 57 | 1 |
| 17 | 5 | 38 | 8 | 59 | 3 |
| 18 | 4 | 39 | 1 | 60 | 3 |
| 19 | 3 | 40 | 4 | 61 | 1 |
| 20 | 5 | 41 | 3 | | |
| 21 | 2 | 42 | 8 | | |

Tabel 10 diperoleh data tinggi jatuh air (head) yang beragam pada setiap Sub DAS. Head yang paling besar terdapat pada Sub DAS 12, 33, 36, 38, 42, 48, 52, 54 dan 55 dengan ketinggian 8 meter. Ketinggian *head* yang paling dominan yaitu ketinggian 3-5 meter. Semakin tinggi suatu kemiringan tempat, maka semakin besar kemungkinan untuk memperoleh ketinggian head yang cukup untuk potensi mikrohidro. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Sukamta (2013) yang menyebutkan bahwa semakin miring suatu areal, semakin besar kemungkinan untuk ditemukannya head yang cukup untuk PLTMH.

3.4 Kalibrasi Debit Aktual dan Debit Model

Kalibrasi yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan kalibrasi manual dengan model koefisien determinasi. Periode tahun yang digunakan untuk kalibrasi yaitu tahun 2008 dan 2013. Kalibrasi dilakukan dengan membandingkan debit model dan debit aktual yang dapat dilihat pada Gambar 3.

Hasil perbandingan debit aktual dan debit model diperoleh nilai koefisien determinasi (R^2) 0,60. Menurut Moriasi et.al (2007) model dapat diterima jika nilai $R^2 > 0,5$, sehingga hasil data debit air model SWAT di DAS Bonehau dapat diterima untuk digunakan pada analisis selanjutnya.

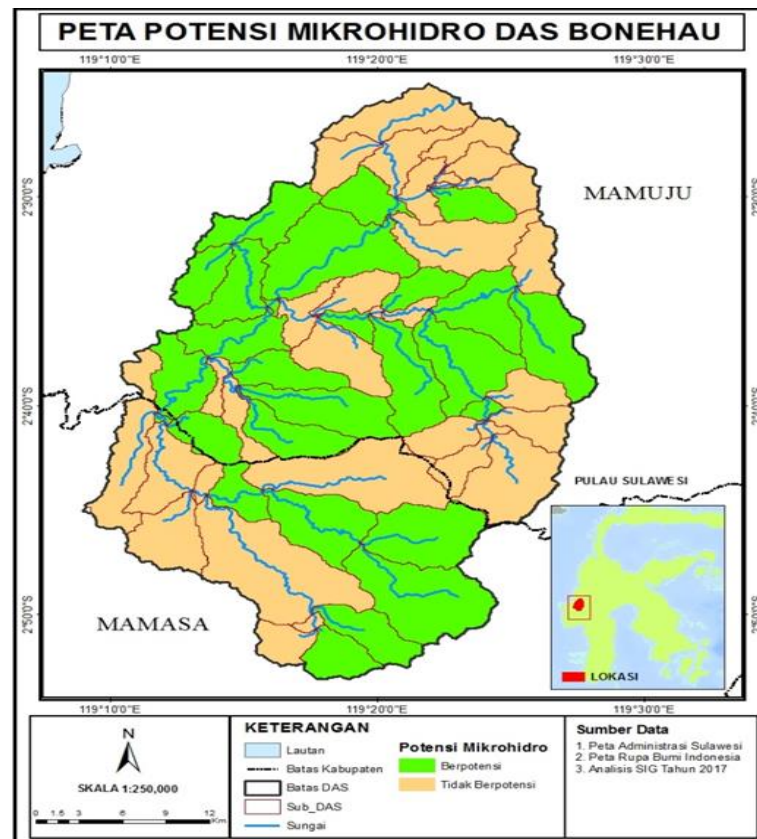


Gambar 3. Grafik Kalibrasi Debit Harian

3.5 Potensi Mikrohidro

3.5.1 Peta Potensi Mikrohidro Berdasarkan Penutupan Lahan Tahun 2016

Sub DAS yang berpotensi dengan penutupan lahan tahun 2016 yaitu sebanyak 28. Peta potensi mikrohidro berdasarkan Penutupan lahan tahun 2016 dapat dilihat pada Gambar 4 dan Jumlah daya dan rumah yang dapat tersuplai dapat dilihat pada Tabel 5.



Gambar 4. Peta Potensi Mikrohidro Berdasarkan Penutupan Lahan Tahun 2016

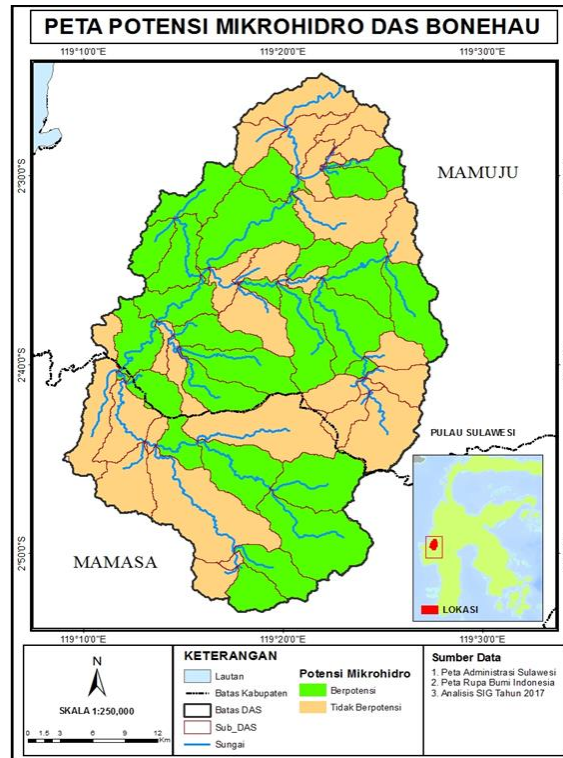
Tabel 5. Jumlah Rumah Tersuplai Berdasarkan Potensi Daya

| Sub DAS | Daya Minimum Penutupan Lahan (kW) | Jumlah (KK) | Daya Maksimum Penutupan Lahan (kW) | Jumlah (KK) |
|---------|-----------------------------------|-------------|------------------------------------|-------------|
| 8 | 17,47 | 175 | 150,13 | 1501 |
| 11 | 1387,08 | 13871 | 12049,06 | 120491 |
| 12 | 58,17 | 582 | 503,60 | 5036 |
| 14 | 13,56 | 136 | 118,19 | 1182 |
| 16 | 992,37 | 9924 | 8625,58 | 86256 |
| 17 | 976,92 | 9769 | 9113,54 | 91135 |
| 18 | 75,03 | 750 | 657,86 | 6579 |
| 19 | 15,02 | 150 | 1727,75 | 17277 |
| 20 | 133,21 | 1332 | 1139,22 | 11392 |
| 25 | 270,86 | 2709 | 2398,20 | 23982 |
| 28 | 56,99 | 570 | 756,36 | 7564 |
| 29 | 790,43 | 7904 | 8278,34 | 82783 |
| 31 | 41,10 | 411 | 345,63 | 3456 |
| 33 | 86,80 | 868 | 775,34 | 7753 |
| 34 | 96,94 | 969 | 1247,76 | 12478 |
| 36 | 54,20 | 542 | 818,39 | 8184 |
| 37 | 597,43 | 5974 | 6640,63 | 66406 |
| 38 | 143,65 | 1436 | 2072,85 | 20729 |
| 40 | 58,06 | 581 | 802,14 | 8021 |
| 41 | 312,90 | 3129 | 3684,04 | 36840 |
| 42 | 40,26 | 403 | 352,21 | 3522 |
| 45 | 22,64 | 226 | 351,94 | 3519 |
| 52 | 411,68 | 4117 | 5223,53 | 52235 |
| 54 | 290,05 | 2901 | 3466,57 | 34666 |
| 55 | 59,43 | 594 | 958,09 | 9581 |
| 56 | 88,38 | 884 | 825,59 | 8256 |
| 59 | 25,66 | 257 | 240,00 | 2400 |
| 60 | 19,73 | 197 | 199,22 | 1992 |

Tabel 13 menunjukkan daya minimum terendah terdapat pada Sub DAS 14 dengan daya sebesar 13,56 kW dan dapat mensuplai rumah sebanyak 136 KK. Daya minimum tertinggi terdapat pada Sub DAS 11 dengan jumlah daya sebesar 1387,08 kW dan dapat mensuplai rumah sebanyak 13.871 KK. Daya maksimum terendah terdapat pada Sub DAS 14 dengan jumlah daya sebesar 118,19 kW dan dapat mensuplai rumah sebanyak 1182 KK. Daya maksimum tertinggi terdapat pada Sub DAS 11 dengan jumlah daya sebesar 12.049,06 kW dan dapat mensuplai rumah sebanyak 120.491 KK. Daya minimum yang dihasilkan dapat mensuplai listrik dengan jumlah rumah sebanyak 71.361 KK dan daya maksimum yang dihasilkan dapat mensuplai listrik dengan jumlah rumah sebanyak 735.216 KK.

3.5.2 Peta Potensi Mikrohidro Berdasarkan Penutupan Lahan Pola Ruang

Terdapat perbedaan potensi sub DAS yang dihasilkan berdasarkan penutupan lahan tahun 2016 dengan Pola Ruang. Sub DAS yang berpotensi berdasarkan penutupan lahan tahun 2016 sebanyak 28 sedangkan Sub DAS yang berpotensi berdasarkan Pola Ruang sebanyak 29. Peta potensi mikrohidro dapat dilihat pada Gambar 5 dan data jumlah daya dan rumah yang dapat tersuplai listrik berdasarkan Pola Ruang dapat dilihat pada tabel 6.



Gambar 5. Peta Potensi Mikrohidro Berdasarkan Pola Ruang

Tabel 6. Jumlah Rumah Tersuplai Berdasarkan Jumlah Daya

| Sub DAS | Daya Minimum Pola Ruang (kW) | Jumlah (KK) | Daya Maksimum Pola Ruang (kW) | Jumlah (KK) |
|---------|------------------------------|-------------|-------------------------------|-------------|
| 6 | 2137,52 | 21375 | 18220,84 | 182208 |
| 8 | 30,51 | 305 | 355,32 | 3553 |
| 11 | 44,85 | 448 | 370,13 | 3701 |
| 12 | 36,28 | 363 | 307,92 | 3079 |
| 14 | 994,45 | 9945 | 8475,35 | 84754 |
| 16 | 56,97 | 570 | 486,20 | 4862 |
| 17 | 127,95 | 1280 | 1122,53 | 11225 |
| 18 | 14,74 | 147 | 111,85 | 1119 |
| 19 | 229,69 | 2297 | 2054,00 | 20540 |
| 20 | 337,13 | 3371 | 3273,22 | 32732 |

| Sub DAS | Daya Minimum Pola Ruang (kW) | Jumlah (KK) | Daya Maksimum Pola Ruang (kW) | Jumlah (KK) |
|---------|------------------------------|-------------|-------------------------------|-------------|
| 25 | 23,43 | 234 | 200,14 | 2001 |
| 28 | 172,08 | 1721 | 1768,43 | 17684 |
| 29 | 29,02 | 290 | 247,46 | 2475 |
| 31 | 75,30 | 753 | 666,60 | 6666 |
| 33 | 21,98 | 220 | 346,58 | 3466 |
| 34 | 21,19 | 212 | 308,99 | 3090 |
| 36 | 19,51 | 195 | 539,79 | 5398 |
| 37 | 631,63 | 6316 | 6548,27 | 65483 |
| 38 | 145,64 | 1456 | 2071,10 | 20711 |
| 40 | 432,85 | 4329 | 4845,88 | 48459 |
| 41 | 43,76 | 438 | 601,98 | 6020 |
| 42 | 51,88 | 519 | 450,73 | 4507 |
| 45 | 27,71 | 277 | 416,21 | 4162 |
| 48 | 87,28 | 873 | 1326,88 | 13269 |
| 54 | 295,14 | 2951 | 3458,83 | 34588 |
| 55 | 62,75 | 628 | 944,95 | 9449 |
| 56 | 89,67 | 897 | 822,90 | 8229 |
| 59 | 25,95 | 260 | 238,07 | 2381 |
| 60 | 20,88 | 209 | 196,85 | 1968 |

Tabel 14 menunjukkan daya minimum dan maksimum yang dihasilkan Sub DAS yang berpotensi pada pola ruang. Daya minimum terendah terdapat pada Sub DAS 18 dengan daya yang dihasilkan sebesar 14,74 kW dan dapat mensuplai rumah sebanyak 147 KK. Daya minimum tertinggi terdapat pada Sub DAS 6 dengan jumlah daya yang dihasilkan sebesar 2137,52 kW dan dapat mensuplai rumah sebanyak 21.375 KK. Daya maksimum terendah terdapat pada Sub DAS 18 dengan jumlah daya yang dihasilkan sebesar 111,85 kW dan dapat mensuplai rumah sebanyak 1119 KK. Daya maksimum tertinggi terdapat pada Sub DAS 6 dengan jumlah daya yang dihasilkan sebesar 18.220,84 kW dan dapat mensuplai rumah sebanyak 182.208 KK. Daya minimum yang dihasilkan dapat mensuplai listrik dengan jumlah rumah sebanyak 62.879 KK dan daya maksimum yang dihasilkan dapat mensuplai listrik dengan jumlah rumah sebanyak 607.779 KK. Jumlah rumah yang dapat tersuplai listrik berdasarkan daya minimum dan maksimum penutupan lahan tahun 2016 lebih tinggi dibandingkan dengan pola ruang.

Daya potensi selain digunakan untuk penerangan rumah, daya tersebut juga dapat digunakan untuk kebutuhan lain seperti penerangan jalan, kebutuhan industri kecil (*home industry*), dan pengembangan pariwisata. Penggunaan PLTMH diharapkan dapat mengurangi kebutuhan listrik dari PLN yang menggunakan batubara sebagai bahan bakar yang tidak ramah lingkungan.

4. Kesimpulan

- Potensi energi mikrohidro pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Bonehau berdasarkan penutupan lahan tahun 2016 sebanyak 28 Sub DAS dengan daya minimum 13,56 kW dan daya maksimum sebesar 12.049,06 kW. Sedangkan

potensi energi mikrohidro pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Bonehau berdasarkan pola ruang sebanyak 29 Sub DAS dengan daya minimum sebesar 14,74 kW dan daya maksimum tertinggi sebesar 18.220,84 kW. Pola ruang telah memperhatikan dampak lingkungan dalam hal ini dapat mengendalikan erosi, sedimen dan menstabilkan debit air di Daerah Aliran Sungai Mamasa.

- Penerapan rencana pola ruang dalam input model SWAT menghasilkan debit air yang lebih tinggi dibandingkan dengan penutupan lahan tahun 2016. Penerapan rencana pola ruang dapat menghasilkan daya yang lebih besar untuk potensi mikrohidro dibandingkan dengan penutupan lahan tahun 2016.
- Disarankan untuk dilakukan penelitian lanjutan yang membandingkan antara hasil penelitian ini dengan hasil penelitian lanjutan yang menggunakan data iklim yang berasal dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG).

Daftar Pustaka

- Afif, 2015. *Masalah Listrik Pedesaan*. Dana Mitra Lingkungan. Jakarta.
- Arya, D.K., 2012. *Analisis Potensi Mikrohidro Berdasarkan Curah Hujan*. (Jurnal). Program Studi Meteorologi. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Ashadi, 2013. *Solusi Konkrit Kelistrikan Sulsebar dengan Aplikasi Diagram Fishbone*. <http://pencetusmimpiku.blogspot.co.id/2013/03/solusi-pln-sulsebar.html>. Diakses pada tanggal 23 November 2016
- LIPI, 2016. *Pengembangan Energi Terbarukan Sebagai Energi Aditif di Indonesia*. <http://www.energi.lipi.go.id/>. Diakses tanggal 23 Nov 2016
- Moriassi et al, (2007), *Model Evaluation Guidelines for Systematic Quantification of Accuracy in Watershed Simulations*, Journal ASABE Vol,50(3):885-900,
- Rahayu, S., RH. Widodo, M. van Noordwijk, I. Suryadi, dan B. Verbist, 2009. *Monitoring Air di Daerah Aliran Sungai*. Bogor, Indonesia. World Agroforestry Centre - Southeast Asia Regional Office.
- Rauf, R., 2013. *Konsep Integrasi Pembangkit Berbasis Energi Terbarukan sebagai Sistem Mikrogrid di Kabupaten Pesisir Selatan*. Program Studi Pasca Sarjana Teknik Elektro, Fakultas teknik Universitas Andalas. Jurnal Nasional Teknik Elektro Vol: 2 No.2.
- Rompas, P. T. D., 2011. *Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) pada Daerah Aliran Sungai Ongkak Mongondow di Desa Muntoi Kabupaten Bolaang Mongondow*. Fakultas Teknik Universitas Negeri Manado. Jurnal Penelitian Saintek, Vol. 16, No. 2.
- Sugiri, A., H. Burhanuddin, E. Trinando, 2013. *Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) pada Sungai Arter Desa Hurun Kecamatan Padang Cermin Kabupaten Pesawaran Lampung*. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jurnal Mechanical, Vol. 4, No. 2.